

ОПЫТ ВНЕДРЕНИЯ СОВРЕМЕННЫХ ИНФОРМАЦИОННЫХ ТЕХНОЛОГИЙ ПРИ ПРОЕКТИРОВАНИИ АВИАДВИГАТЕЛЕЙ

Ю.Ф. Басов, Главный конструктор,

А.Ю. Басов, начальник отдела САПР УГК,

В.Ф. Цыкура, зам. нач. управления, Главный конструктор по проектированию,

Е.Д. Кулиш, инженер конструктор УГК,

ОАО «Мотор Сич», г. Запорожье, Украина

На сегодняшний день отрасль авиадвигателестроения представляет собой единую интегрированную систему высокотехнологичного производства и современной технологии проектирования. То есть для обеспечения конкурентоспособности предприятия – разработчика как на внутреннем, так и на мировом рынке - необходимо обеспечить не только высокое качество продукции, но и не менее высокое качество конструкторской документации. Этого можно добиться только путем перехода на безбумажную технологию (в обозримом будущем) и освоением CALS – технологии (Continuous Acquisition and Life-cycle Support – непрерывная информационная поддержка жизненного цикла изделия). Эта технология подразумевает использование единого информационного пространства на всех этапах жизненного цикла изделия – от его проектирования до изготовления и эксплуатации.

Компонентами этой технологии являются:

- системы автоматического проектирования (САПР) различных уровней;
- полный электронный макет изделия;
- система управления проектными данными (PDM);
- система технического электронного документооборота (TDM);
- автоматизированная система технологической подготовки производства;
- измерительно – вычислительная система доводки двигателя;
- система управления предприятием.

Все эти компоненты активно внедряются на сегодняшний день на ОАО «Мотор Сич».

Наибольший интерес с конструкторской точки зрения представляет опыт использования этих систем на примере проектирования вспомогательного газотурбинного двигателя (ВГТД) нового поколения МС-2 (рис. 1, 2).

Вспомогательный ГТД МС-2 - двухвальный газотурбинный двигатель с приводом вспомогательного компрессора от свободной турбины. Предназначен для использования в составе вспомогательной силовой установки пассажирского самолета Ан-148 и других самолетов различного назначения. Используется для генерирования сжатого воздуха, для запуска маршевых двигателей, а также для системы кондиционирования самолета и для привода электрического генератора.

В результате выбора программных комплексов в качестве САПР в конструкторском бюро (КБ) Управления Главного конструктора (УГК) внедрили связку UNIGRAPHICS – Solid Edge – AutoCAD. Интегрирование этих систем позволяет оптимально использовать преимущества этих систем при проектировании сложных узлов и деталей ГТД. На сегодняшний день UNIGRAPHICS является одной из самых мощных систем CAD/CAM/CAE с трехмерным моделированием. Использование этой современной системы вместе с PDM обеспечивает поддержание всего жизненного цикла изделия, начиная от концептуального дизайна и проектирования, подготовки производства, выполнения инженерного анализа до управления всем проек-

том изготовления изделия, технической поддержки и консалтинга.

В системе UNIGRAPHICS производится разработка наиболее сложных узлов и деталей, входящих в состав ГТД. Это корпуса сложной пространственной формы, диски центробежных компрессоров, лопатки и другие детали сложной конфигурации.

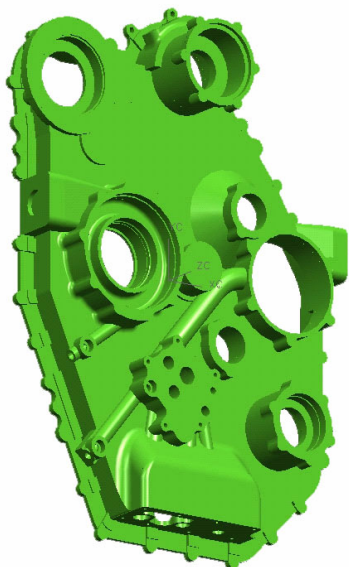


Рис. 1. Корпус передний коробки приводов ВГТД МС-2

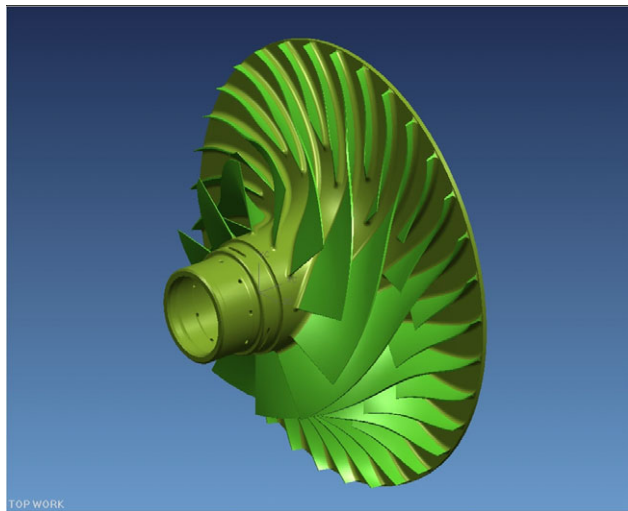


Рис. 2. Колесо центробежного компрессора ВГТД МС-2

В системе UNIGRAPHICS также осуществляются сборка сложных узлов и общая сборка макета двигателя (либо всего двигателя в целом). Однако не смотря на все преимущества, система не полностью отве-

чает требованиям конструктора и не может успешно использоваться при проектных работах без легких и средних САПР. Одним из недостатков является отсутствие чертежного модуля, полностью отвечающего требованиям ЕСКД. Ко всему - система достаточно дорога, имеет высокие требования к аппаратному обеспечению и требует значительных затрат времени и средств на освоение ее персоналом. Да и опыт предприятий, давно работающих с использованием САПР показал, что лишь 17-20% разработок при проектировании требуют применения систем такого класса, как UNIGRAPHICS.

Более простые задачи решаются с помощью «средних» САПР – таких, как Solid Edge и AutoCAD.

На сегодняшний день в Управлении Главного конструктора внедряется программный комплекс, схематично показанный на рис. 3.

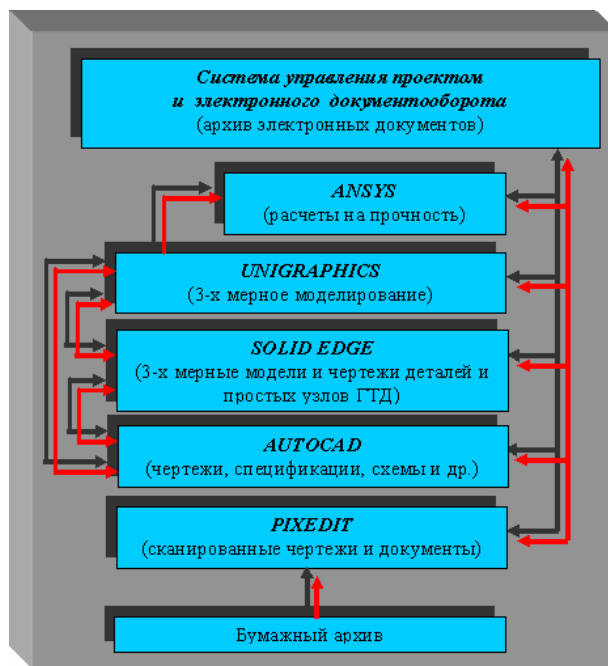


Рис. 3. Схема программного комплекса, внедряемого в УГК на ОАО «Мотор Сич»

Система управления проектом и электронного документооборота должна решать целый ряд задач в области хранения, систематизирования, обработки информации, а также вести контроль на всех стадиях проектирования, внедрения, внесения изменений в КД. К архиву электронных документов как части сис-

темы должны предъявляться следующие основные требования:

- Обеспечение надежного хранения любого вида электронных документов.
- Авторизирование прав доступа, регистрация сеансов пользователей и т.д.
- Поддержка соответствия электронного документа его бумажному аналогу, т.е учет и проведение изменений в электронной копии.
- Наличие системы быстрого поиска по любому из критериев документов цепи, описанной в информационной модели системы. Формирование отчетов в соответствии с нуждами конечных пользователей (настраиваемые отчеты), а также при необходимости формирование бланков отчетности на основании выбранных из системы данных в соответствии с СТП и ГОСТами, действующими на предприятии.
- Интеграция с действующими на заводе системами САПР.

В этой схеме под системой управления проектом и электронного документооборота не подразумевается ни одна из существующих систем. На данном этапе мы находимся на стадии принципиального выбора метода и программных средств внедрения подобного рода системы. Есть три основных пути выбора и внедрения систем электронного документооборота и управления проектом:

1. Готовые системы (например SEARCH, линейка систем TEAMCENTER). Их достоинством являются гарантия производителя, сертифицированность, техническая поддержка. Недостатки - неполнота решений, трудоемкий механизм интеграции с другими системами, плохая ориентация на нужды предприятия. Зачастую невозможность адаптации системы согласно действующим ГОСТам и СТП на предприятии и, как следствие, – необходимость внесения изменений в производственные процессы для успешного внедрения системы.

2. Собственные разработки. Достоинства – стопроцентное ориентирование на предприятие, низкие затраты, полное соответствие информационных про-

цессов ГОСТам и СТП предприятия, гибкость при внедрении и сопровождении, полная интеграция с действующими на заводе системами. Недостатки – необходимость подготовки и сертификации специалистов, затраты времени на постановку задачи, создание и тестирование программных продуктов.

3. Доработка готовых систем под нужды предприятия. По нашему мнению, данный путь оптимален, так как позволяет добиться максимальной адаптации системы к нуждам предприятия при сохранении технической поддержки производителя и гарантии развития продукта в дальнейшем.

В области САПР, как видно из схемы программного комплекса, эффективно внедряются системы тяжелого (UNIGRAPHICS), среднего (Solid Edge, AutoCAD) проектирования.

То есть можно сделать вывод о правильности ориентации на использование при проектировании связки этих систем и их внедрении в КБ УГК. Это подтвердилось успешным выполнением проекта ВГТД МС-2.

На ОАО «Мотор Сич» и раньше проектировались объемные модели различных узлов и деталей ГТД. Работа по проектированию этих изделий велась от уже готового чертежа к 3-D модели в режиме освоения систем трехмерного проектирования.

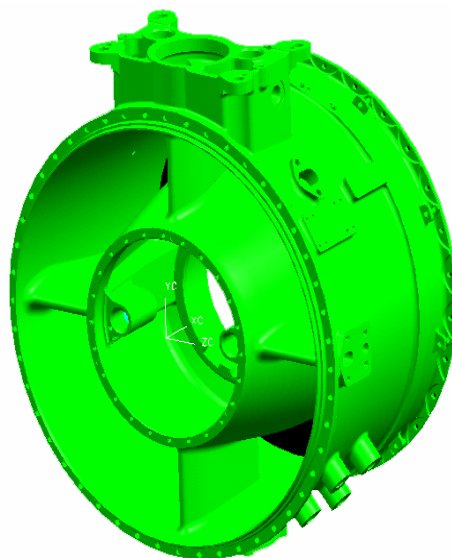


Рис. 4. Корпус первой опоры двигателя BK1500- BM

Конструкторами УГК делались компоновки двигателя в среднем САПР Solid Edge (рис. 5).

И только проект вспомогательного ГТД МС-2 впервые в полном объеме был выполнен в системе трехмерного проектирования в режиме от 3-D модели к чертежу. Это позволило ускорить процесс проектирования, упростить процесс подготовки производства и изготовление оснастки, а также облегчить согласование конструктивных элементов двигателя с разработчиками самолета (АНТК «Антонов»).

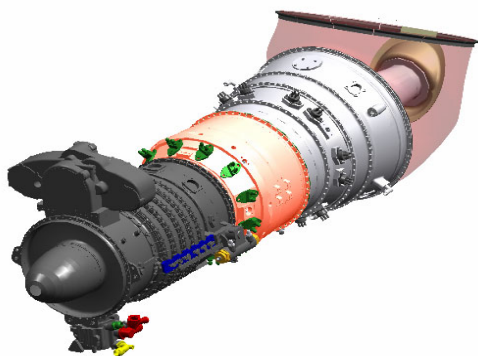


Рис. 5. Промышленный газотурбинный двигатель ТВ3-137 (компоновка создана в Solid Edge)

Проект с начала разработки и до сдачи документации для изготовления первого образца двигателя занял 9 месяцев. Газодинамические расчеты выполнялись собственным программным обеспечением группой газодинамических расчетов. Но благодаря расширенному интерфейсу UG возможно в дальнейшем выполнять расчеты с использованием специализированных пакетов для газодинамических расчетов (StarCD, CosmosFlow). В настоящее время прорабатывается возможность приобретения данных программ.

При проектировании двигателя еще на этапе эскизного проекта был создан габаритный макет двигателя. Макет двигателя МС-2 представлен на рис. 6.

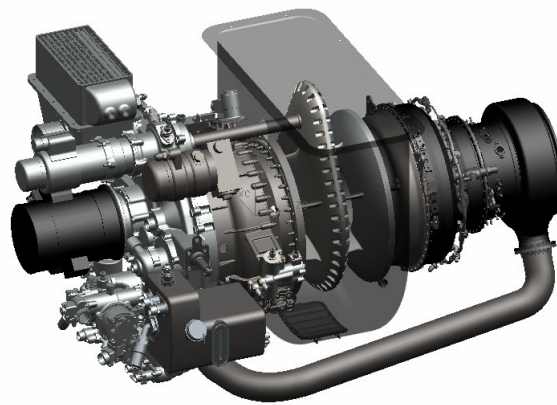


Рис. 6. Габаритный макет вспомогательного ГТД МС-2

Выполнением габаритного электронного макета двигателя МС-2 решались следующие задачи:

1. проверка правильности размещения узлов и агрегатов двигателя. Так, уже при создании электронного макета была оптимизирована конструкция запроектованной коробки приводов: путем переноса датчиков измерения оборотов турбины газогенератора (ДТА-15) был сокращен длинновой размер двигателя. Благодаря сочетанию в UNIGRAPHICS традиционного принципа геометрического моделирования с параметрическим проектированием исходная конструкторская документация коробки приводов была быстро уточнена еще на стадии разработки конструкторской документации для опытного образца;
2. благодаря наглядности макета удалось оптимизировать размещение неприводных агрегатов на коробке приводов;
3. электронный макет, выполненный в системе UNIGRAPHICS, был передан в АНТК им. Антонова для уточнения компоновки ВГТД МС-2 в отсеке ВСУ самолета Ан-148. Это позволило согласовать компоновку размещения двигателя еще до выполнения натурного габаритного макета. В перспективе возможно полностью исключить на этапе эскизного и технического проекта натурное макетирование изделия;
4. определение момента инерции двигателя относительно его центральных осей и центра тяжести;

5. формирование фотореалистичного изображения видов двигателя для оформления патента на промышленный образец.

Существенным преимуществом является также и то, что выполнение объемной модели детали позволяет еще на этапе проектирования оценить технологичность детали. Так, при проектировании рабочего колеса вспомогательного компрессора ВГТД МС-2 (рис. 2) после проработки с технологами была перенесена входная кромка короткой лопатки, что позволило при обеспечении необходимого припуска на мехобработку использовать при изготовлении колеса стандартный режущий инструмент.

Отделом САПР и проектными отделами ведется работа по созданию полного электронного макета вспомогательного ГТД МС-2. Все корпусные детали и больше 60% основных деталей уже выполнено в UG. Благодаря тому что система UNIGRAPHICS имеет интерфейс к специализированному программному пакету ANSYS, это позволило быстро выполнить проверочные расчеты на прочность основных деталей ГТД (дисков, валов, лопаток и корпусов) (рис. 7).

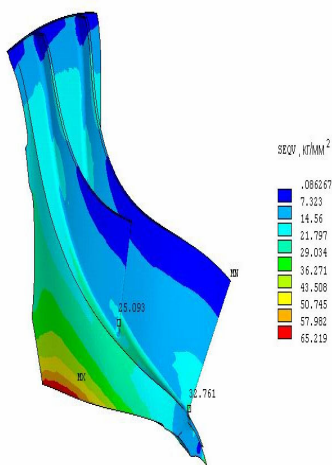


Рис. 7. Напряженно-деформированное состояние ($\sigma_{\text{экв}}$) колеса центробежного компрессора газогенератора ВГТД МС-2 (режим максимального отбора воздуха при загрузке генератора при $T_{\text{вх}} = +30^\circ\text{C}$). Расчет выполнен методом конечных элементов пакетом ANSYS.

Расчет деталей и узлов ГТД на основе единой геометрической модели значительно повышает точность и достоверность результатов расчета, сокращает время его выполнения.

Так, с помощью специализированного пакета ANSYS проводились расчеты на непробиваемость корпусов турбин при отрыве лопаток и расчеты на прочность дисков компрессоров и турбин ВГТД МС-2. Выполнение этих расчетов является обязательным в соответствии с требованиями АП-ВД для получения сертификата типа на вновь спроектированный двигатель. Это позволило еще на этапе предварительного проектирования оценить прочность основных деталей двигателя.

Даже не смотря на то, что проект выполнялся в режиме освоения и неполного использования возможностей объемного моделирования в UG, приблизительно в 2-3 раза были сокращены сроки проектных работ по сравнению с прошлыми проектами, выполненными конструкторами УГК (ТДА1000 или АТХ50/50).

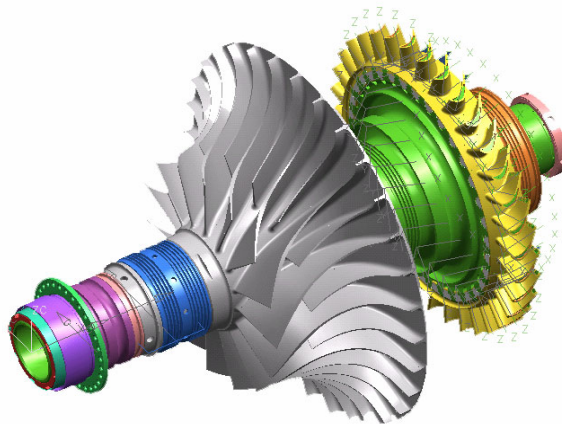


Рис. 8. Ротор газогенератора ВГТД МС-2

Существенно облегчается изготовление опытного образца двигателя за счет того, что выполненные в 3-D литые детали корпусов сразу были переданы технологом в УГТ для создания мастер-моделей для литья по выплавляемым моделям.

Кроме того, по требованию заказчика при изготовлении твердотельного макета ВГТД МС-2 некото-

рые агрегаты (АУ ВНА, АУ КПВ и т.д.) и даже промежуточные корпуса могут быть изготовлены с помощью LOM - технологии, что существенно ускорит время создания макета. Детали будут иметь достаточную для макета прочность.

Следует также отметить существенное улучшение качества конструкторской документации (КД). Применение 3-D моделирования снижает риск забраковки деталей из дорогостоящих материалов из-за возможной ошибки конструктора.

Эти положительные стороны в конструировании при внедрении САПР в конструкторском бюро УГК существенно снизили затраты на разработку проекта.

Однако выполненный проект поставил перед инженерами САПР и конструкторами ряд вопросов. В частности:

- необходимость формирования базы данных электронного макета ГТД, так как эффективная работа по формированию и использованию электронного макета изделия возможна в том случае, если данные по этому макету хранятся в единой базе данных разрабатываемого проекта и все взаимодействия по проекту осуществляются через нее. Например, на зарубежных предприятиях Pratt & Whitney, General Electric для этих целей внедрена система управления проектными данными IMAN, работающая совместно с UG.

- формирование электронного архива 3-D моделей деталей и узлов ГТД;

- обмен электронными данными с заказчиками и фирмами-поставщиками (как с зарубежными странами, так и со странами СНГ);

- внедрение процедуры «электронной подписи» конструкторов и руководителей всех уровней;

- социальные проблемы, неизбежно возникающие при переходе от проектирования на кульмане к проектированию за компьютером. Так, немолодые опытные конструктора, знания и конструкторский опыт которых очень необходимы при конструировании, довольно болезненно относятся к освоению компью-

тера, боясь какое-то время выглядеть перед многочисленными молодыми коллегами неопытными на начальных стадиях освоения программных продуктов.

Но благодаря огромному научно-техническому потенциалу предприятия и грамотной политике руководства в вопросе внедрения САПР и обеспечения КБ современной вычислительной техникой эти трудности будут преодолены. Подтверждением тому служат успехи при выполнении проекта ВГТД МС-2.

Литература

1. Опыт освоения лицензионного пакета твердотельного моделирования SOLID Works 2001 и одновременной разработки проекта двигателя для подвесного лодочного мотора мощностью 40 л.с. / В.А. Иванков, Е.П. Воропаев, О.О. Левандовский, А.С. Охапкин // Вестник двигателестроения.- 2002.- №1.- С. 16-18.
2. Беляев В., Чемия А. Современные технологии проектирования // Двигатель.- 2001.- №5(17).- С. 8-9.
3. Моисеев В. Как «раскрутить» турбину // Двигатель.- 2002.- №1(19).- С. 42-43.
4. Бадюков А. Современные информационные технологии на НПП «Машпроект» // Двигатель.- 2001.- № 6(18).- С. 22-23.

Поступила в редакцию 17.04.03

Рецензенты: зам. главного конструктора по САПР Г.И. Ансин, ГП ЗМКБ «Прогресс» им. А.Г. Ивченко, г. Запорожье; д-р техн. наук, зав. каф. Технологии авиационных двигателей и машиностроения, профессор В.К. Яценко, Запорожский Национальный Технический Университет (ЗНТУ), г. Запорожье.